



**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA- UniCEUB**  
**PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**

**RAMON TEMPORIM DE LACERDA SEGUNDO**

**MICRO ESTAÇÃO METEOROLÓGICA APLICADA COM ENERGIA RENOVÁVEL E  
IOT**

**BRASÍLIA**

**2020**



**RAMON TEMPORIM DE LACERDA SEGUNDO**

**MICRO ESTAÇÃO METEOROLÓGICA APLICADA COM ENERGIA RENOVÁVEL E  
IOT**

Relatório final de pesquisa de Iniciação  
Científica apresentado à Assessoria de Pós-  
Graduação e Pesquisa.

Orientação: Ivandro da Silva Ribeiro

**BRASÍLIA**

**2020**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por ter me dado força e saúde para superar os desafios enfrentados, ainda mais levando em consideração o cenário atual.

A minha família e amigos por todo o apoio e incentivo durante os momentos difíceis.

Ao meu orientador pela ajuda e dedicação em guiar o meu aprendizado.

## RESUMO

A internet das coisas está cada vez mais conectando aparelhos a internet com objetivo de aumentar o conforto. Junto com a IoT, a automação está cada vez mais difundida, o que acaba abaixando o custo das tecnologias e facilitando o seu desenvolvimento. Esta pesquisa busca desenvolver uma micro estação meteorológica de baixo custo e com um bom desempenho, que seja capaz de funcionar através de energia solar, trazendo comodidade e eficiência. Por se tratar de uma pesquisa aplicada e quali-quantitativa, o projeto busca com o auxílio do NodeMCU junto com sensores como DHT22, BMP180, anemômetro, sensor de chuva e UV captar dados da temperatura, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, velocidade do vento e índice UV, armazenar esses dados em um banco de dados e depois interpreta-los com o auxílio de informações que foram fornecidos por uma estação profissional do INMET, já que ao realizar a comparação entre os dois dados é possível calcular possíveis erros encontrados e analisar o desempenho da estação, trazendo uma maior credibilidade para a eficiência dos sensores utilizados. No final, os dados capturados pela estação serão disponibilizados para o usuário através de um site, onde estarão disponíveis através de gráficos as últimas informações obtidas ou em tabela para dados completos de um período específico, caso esteja perto da estação, ainda é possível visualizar algumas informações em um pequeno LCD presente no sistema. Embora o protótipo não apresente uma eficiência energética perfeita, ainda é capaz de se manter ligado por um período e seus sensores conseguem ajudar e fornecer informações coerentes para pequenos produtores que buscam uma alternativa as grandes estações meteorológicas.

**Palavras-Chave:** Internet das Coisas. Sistemas Embarcado. Automação.

## LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - Gráfico de Tensão de saída intensidade UV .....	12
Figura 2 - Recomendações por índice UV. ....	13
Figura 3 - Localização do local de teste e da central do INMET. ....	15
Figura 4 – Tabela disponibilizada pelo INMET.....	16
Figura 5 – Subdivisão da metodologia .....	17
Figura 6 – NodeMCU .....	18
Figura 7 - DHT22 e seus pinos .....	19
Figura 8 - BMP180.....	20
Figura 9 – Sensor UV .....	20
Figura 10 – Sensor de chuva.....	20
Figura 11 – Mini turbina eólica.....	21
Figura 12 – IDE arduino .....	22
Figura 13 – Esquemático do protótipo. ....	24
Figura 14 – Código da conexão.....	25
Figura 15 – Script PHP .....	26
Figura 16 – Site funcionando.....	27
Figura 17 - Comparativo entre as temperaturas .....	31
Figura 18 - Comparativo entre as Umidades.....	33
Figura 19 - Comparativo entre as Umidades.....	34
Figura 20 – Comportamento do ponto de Orvalho .....	36
Figura 21 - Exemplo da página de Monitoramento.....	36
Figura 22 - Gráficos da página de monitoramento.....	37
Figura 23 - Exemplo da página de dados .....	38

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela verdade multiplexador.....	23
Tabela 2 - Dados médio da temperatura em °C.....	28
Tabela 3 - Dados da temperatura obtidas pelo sensor BMP180.....	29
Tabela 4 – Dados da temperatura obtidas pelo sensor DHT22 .....	30
Tabela 5 - Diferença entre temperaturas.....	31
Tabela 6 – Dados da umidade .....	32
Tabela 7 - Comparativo entre pressões .....	33
Tabela 8 – Valores obtidos para o Ponto de Orvalho .....	35

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	8
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	10
2.1. Clima.....	10
2.2. IoT – Internet das Coisas .....	10
2.3. Sensores e suas modelagens matemáticas .....	10
2.3.1. Sensor de Temperatura .....	11
2.3.2. Sensor de pressão.....	11
2.3.3. Sensor de umidade .....	11
2.3.4. Sensor de chuva.....	11
2.3.5. Sensor anemômetro .....	12
2.3.6. Sensor UV .....	12
2.4. Sistema Web .....	13
2.5. Painel solar.....	14
2.6. Sistemas Embarcados.....	14
2.7. Inmet .....	15
3. METODOLOGIA .....	17
3.1. Dados e Aquisições.....	18
3.2. Diagrama da estação.....	23
3.3. Servidor .....	24
3.4. Aplicação WEB .....	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	28
4.1. Sensor de temperatura .....	28
4.2. Umidade do Ar .....	32
4.4. Ponto de Orvalho .....	35
4.5. Aplicação Web .....	36
4.6. Energia.....	38
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
REFERÊNCIAS .....	40

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior país da América do Sul, sua extensão territorial corresponde a 48% da área total do continente Sul Americano.

Segundo um estudo feito pela NASA, o país preserva 66% da vegetação nativa e cultiva em apenas 7,6% do território, e desses 7,6%, segundo dados apresentados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, o agronegócio foi responsável por 21,6% do Produto Interno Bruto (PIB) em 2017.

O mercado tecnológico é um dos que mais se desenvolve e movimenta capital atualmente. Dados divulgados pela Associação Brasileira das Empresas de Software (Abes), informa que, em 2017 foram movimentados US\$ 38 bilhões pelas empresas de tecnologia no Brasil. Devido a esse desenvolvimento tecnológico, o agronegócio começou a adotar algumas tecnologias que ajudam desde a realização de atividades rotineiras quanto na monitoração do clima. A Internet das Coisas (IoT) é uma dessas tecnologias que vêm recebendo bastante atenção devido ao seu grande potencial de uso, já que ela ajuda a conectar objetos do dia a dia à internet. (SANTOS et al, 2016)

Como o clima impacta de maneira direta no desenvolvimento das plantações, é necessário pensar em todas as questões climáticas que então envolvidos em todos os processos relacionados ao agronegócio. (SAMPAIO e DIAS, 2014)

Uma estação meteorológica é o conjunto de sensores que medem e recolhem esses dados atmosféricos que serão utilizados para previsão do tempo e para caracterização do clima, e que junto com IoT é capaz de disponibilizar esses dados para o usuário a qualquer momento e em qualquer lugar.

A observação meteorológica é a medição ou registro de todo o conjunto de elementos presente em um determinado local, onde ao utilizar instrumentos precisos, observação uniforme, ininterrupta e em um período estabelecido, é possível obter o conhecimento das características e variações atmosféricas, dados necessários para o conhecimento do clima local. (INMET)

Com as variáveis climáticas de um local é possível obter conhecimento dos valores dos elementos climáticos em diferentes instantes de tempo, como por exemplo, a temperatura, a pressão atmosférica, a umidade do ar, além da velocidade e direção do vento. (SILVA et al, 2015)



Ao analisar esses dados e com as condições climáticas do local é possível auxiliar na tomada de decisão, obtendo maior produtividade na plantação. Já que as estações meteorológicas são formadas por um conjunto de sensores, seu valor acaba sendo bastante elevado e isso se torna o motivo pela qual elas não são utilizadas pelo pequeno produtor.

A utilização de energia sustentável cresceu bastante no Brasil nos últimos anos devido à preocupação com a contaminação do meio ambiente. A energia solar ganhou bastante destaque devido à sua fonte de geração limpa, baixo investimento e grande aumento na eficiência devido ao avanço da tecnologia. (BASTOS, 2019)

Ao combinar a grande eficiência da energia solar com uma estação meteorológica, esta pesquisa possui como principal objetivo apresentar uma alternativa acessível para as estações meteorológicas presentes no mercado. Desenvolver uma estação com componentes de baixo custo e apresentar sensores que ofereçam um alto grau de credibilidade em relação ao seu desempenho. Buscando atingir os pequenos produtores, por ser mais acessível e ainda ajudar a economizar recursos que são importantes para sua produção, funcionando através da energia solar será possível recarregar baterias para que o funcionamento não seja interrompido em momentos com baixa incidência solar, assim funcionará de maneira interrupta.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

A seguir serão apresentados alguns conceitos e assuntos que serão importantes para o projeto e seu desenvolvimento, facilitando o entendimento de como a estação e todos os componentes envolvidos funcionarão.

### **2.1. Clima**

O clima é o comportamento estatístico do conjunto de características de um local, observada por um período de tempo, onde segundo a organização mundial de meteorologia, pode chegar a 30 anos. (Climatempo, 2020)

### **2.2. IoT – Internet das Coisas**

Utilizado pela primeira vez em 1999, por Kevin Ashton, o termo Internet das Coisas se refere ao modo em que objetos físicos se comunicam entre si na internet. Ao conectar um objeto a internet é possível realizar medições, integração dados e controlar remotamente esses objetos.

Hoje em dia, devido a popularização, aumento de desenvolvedores amadores e quantidade de material suportado para integração a internet, o conceito de internet das coisas está bastante difundido, não ficando restrito apenas a grandes empresas tecnológicas. (PROGIANTE, 2016)

Em relação ao agronegócio, ao utilizar IoT é possível obter vários benefícios, já que ao ter uma visão geral sobre seu negócio é possível organizá-lo de uma maneira mais eficaz. (COSTA et al, 2018)

Quando IoT é implementado em um campo, é possível estabelecer uma rede de sensores que são conectados uns aos outros. Os dados captados por esses sensores são apresentados para o agricultor, que consegue analisar e aplicá-los para obter o melhor resultado possível. (ABHIJITH et al, 2017)

### **2.3. Sensores e suas modelagens matemáticas**

Um sensor é um dispositivo que consegue detectar estímulos de energia luminosa, térmica ou cinética, em um ambiente e através da manipulação do sinal de saída, é produzido um sinal que pode ser lido pelo controlador. (WENDLING, 2010)

Para o funcionamento da Estação Meteorológica será necessário a utilização de alguns sensores, a seguir será apresentado esses sensores e como eles funcionam.

### **2.3.1. Sensor de Temperatura**

Os sensores de temperatura são dispositivos que conseguem medir a temperatura do ambiente, esse sensor realiza a medição da temperatura através de um termistor NTC.

O termistor é um resistor capaz que sente a variação de temperatura, onde sua resistência varia em função da temperatura. Os termistores mais utilizados são os NTCs, onde sua resistência abaixa de acordo com o aumento da temperatura. (FRANÇA, 2015)

### **2.3.2. Sensor de pressão**

Esse sensor tem como principal objetivo medir a pressão atmosférica. A pressão atmosférica varia de acordo com a altitude. Em altitudes mais baixa, a pressão tende a ser maior, já em altitudes mais altas, essa pressão tende a abaixar. A equação 1 apresentada abaixo, é apresentada pelo Datasheet do sensor BMP180 para realizar o cálculo da altitude do local, de acordo com a pressão medida.

$$altitude = 44330 * \left( 1 - \left( \frac{p}{p_0} \right)^{\frac{1}{5,255}} \right) (1)$$

O valor da altitude calculada dependera do valor da pressão  $p$  medida pelo sensor em hPa e da pressão atmosférica no nível do mar  $p_0$ , que foi considerada como 1013,25 hPa.

### **2.3.3. Sensor de umidade**

É um sensor formado por duas placas paralelas com material condutor, que possuem entre elas um material isolante, também conhecido como dielétrico. A construção desses tipos de sensores, permite que a umidade entre facilmente no material isolante e com isso a capacitância aumenta, podendo calcular a umidade do ar. (Lacerda, 2010)

### **2.3.4. Sensor de chuva**

O sensor de chuva será utilizado para monitorar qualquer variação climática em relação a gotas de chuva. Ele é capaz de verificar a presença de chuva, já que quando o sensor está seco retoma um valor alto e conforme é detectado qualquer liquido, essa saída vai abaixo. (THOMSEN, 2014)

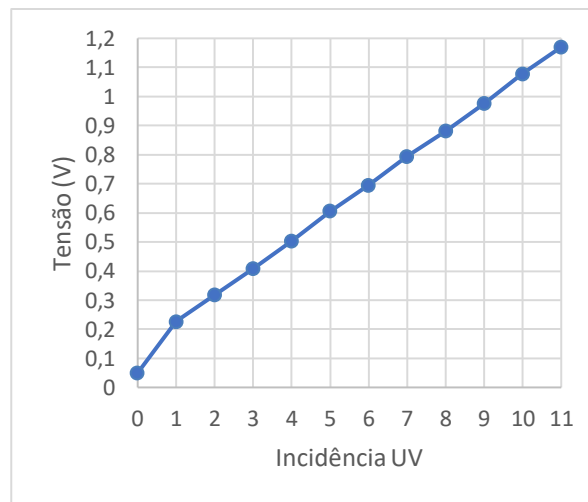
### 2.3.5. Sensor anemômetro

Esse tipo de sensor são responsáveis por determinar a velocidade do vento. Para o uso em estações meteorológicas, os modelos de anemômetros mais utilizados são os rotacionais, onde é rotacionado sobre um eixo de catraca horizontal. (COSTA, 2014)

### 2.3.6. Sensor UV

Esse sensor será o responsável por medir a radiação ultravioleta do ambiente. Segundo o datasheet do sensor, sabemos que a tensão de saída varia entre 0 e 1,17V e que dependendo do valor, corresponderá a uma intensidade UV diferente. Com isso é possível montar o gráfico presente na figura 1.

Figura 1 - Gráfico de Tensão de saída intensidade UV



Fonte: Adaptado de Velleman.

A partir do gráfico, é possível deduzir a expressão de comportamento do dispositivo, tanto para calcular o valor da tensão na saída ( $V_s$ ) como mostra a equação 2, quanto para o valor da incidência UV ( $I_{UV}$ ) apresentada pela equação 3.

$$V_s = 0,0976I_{uv} + 0,1054 \quad (2)$$

$$I_{UV} = \frac{V_s - 0,1054}{0,0976} \quad (3)$$

Com o valor da tensão na saída, apresentado pela variável  $V_s$ , é possível calcular o índice UV, apresentado pela variável  $I_{UV}$ , esse índice é um número que varia entre 0 a 16 e indica a intensidade do sol para o momento.

A longa exposição em períodos de grande índice UV pode ser bastante prejudicial para o ser humano, podendo causar lesões nos olhos e na pele, podendo até aumentar os riscos de câncer de pele. (Kiguti et al, 2009)

Figura 2 - Recomendações por índice UV.



Fonte: Kiguti et al, 2009.

A figura 2 apresenta algumas medidas que devem ser tomadas de acordo com o índice UV e com o valor desse índice captado pelos sensores, o produtor pode ver o melhor horário para cuidar de sua plantação sem correr riscos para sua saúde e quando necessário atuar em momentos com alto índice UV, poderá tomar as devidas proteções.

#### 2.4. Sistema Web

Será desenvolvido um site onde será disponibilizado todos os dados para o usuário. Com o front-end feito em HTML, CSS e Java Script, utilizando a biblioteca Bootstrap e o framework JQuery, nesse site serão apresentados gráficos com os dados obtidos, através de uma interface para o cliente final, além de ser possível realizar uma consulta aos dados filtrando um período.

O NodeMCU será responsável por captar todos os dados obtidos pelos sensores, armazená-los temporariamente e após realizar todos os comandos programados, deverá enviar esses dados para serem armazenados.

Como um dado é o registro de uma informação e será necessário um banco de dados para podermos moldá-los, mantê-los e gerenciá-los. (MACHADO e ABREU, 2004). Nesse sistema um banco de dados MySQL será responsável por armazenar todas as informações coletados pelos sensores enviados através do ESP8266.

Com isso, o agricultor poderá ter acesso a esses dados a qualquer momento e será possível monitorar o clima da região e preparar o seu cultivo para que se adapte às condições, evitando desperdício de recursos.

## **2.5. Painel solar**

A energia solar é a fonte de energia que menos poluía e mais abundante conhecida atualmente, mas devido ao baixo investimento e seu alto custo, não é muito utilizado. (LOPEZ, 2012).

Para utilização desse tipo de energia, é necessário utilizar painéis fotovoltaicos, que trabalham para captar a luz solar. Os painéis funcionam melhor quando a incidência do sol é perpendicular a essas placas. (LOPEZ, 2012)

O painel fotovoltaico é formado de células fotovoltaicas criadas de material semicondutor. Esse modulo é constituído de um conjunto de células fotovoltaicas, que associadas tem o objetivo de transformar luz solar em energia elétrica. (PINHO, 2014)

Para o projeto proposto, esses painéis serão utilizados para alimentar o sistema durante o dia e ainda carregar algumas baterias, para que o sistema consiga ser utilizado de noite, quando a incidência da luz solar é inexistente.

## **2.6. Sistemas Embarcados**

Devido ao grande avanço tecnológico dos últimos tempos, os sistemas embarcados estão ficando cada vez mais comuns. Com um maior poder de processamento, maior memória e fácil adaptação a diferentes necessidades, esse tipo de sistema pode ser configurado de acordo com as necessidades. (VARGAS, 2007)

Um sistema pode ser considerado como embarcado quando é capaz de interagir continuamente com o ambiente, além de ser dedicado a apenas uma tarefa. Todo sistema embarcado possui uma unidade de processamento e capacidade de processamento que vem de um software. (CHASE, 2007)

No projeto, o NodeMCU realiza o papel de um sistema embarcado, já que é programado para realizar a leitura dos valores fornecidos pelos sensores e com isso, disponibilizar para o usuário.

## 2.7. Inmet

O Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) é o órgão responsável por prover informações meteorológicas à população brasileira e influenciar no processo de tomada de decisão com objetivo de contribuir com o desenvolvimento sustentável do país. (INMET)

Esse órgão possui diversas estações distribuídas por todo o país, que coleta e envia dados meteorológicos como temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento, pressão atmosférica e radiação solar para um centro coletor que é disponibilizado em seu site.

Para o projeto, utilizaram-se os dados obtidos pela estação de Brasília, que fica localizada nas coordenadas geográficas de latitude:  $-15.78^\circ$  e longitude:  $-47.98^\circ$ . Esse ponto foi escolhido, pois se encontra mais perto do local escolhido para realizar os testes. Na figura 3 é apresentado no mapa a localização do local de teste, representado pelo ponto azul, e da localização da estação do INMET que se encontram separados por uma distância de aproximadamente 20km, representado pelo ponto vermelho.

Figura 3 - Localização do local de teste e da central do INMET.



Fonte: Google Maps, 2019.

Com os dados da estação do INMET, podemos comparar os dados obtidos pelo projeto e assim verificar se os valores obtidos possuem uma grande diferença em relação ao valor real e assim calcular a porcentagem de erro.

Na figura 4 é possível ver um exemplo da tabela disponibilizada pelo site do INMET, onde é possível escolher um intervalo de dias e as informações captadas durante intervalos

são disponibilizadas de maneira rápida e fácil. É importante observar que todas as informações estão separadas por hora que se encontra no fuso horário UTC e como os testes foram realizados em Brasília- DF sob o fuso horário UTC-3, foi necessário diminuir 3 horas de todos os valores obtidos para que os horários fossem compatíveis.

Figura 4 – Tabela disponibilizada pelo INMET.

Estação: [BRASILIA \(A001\)](#)  
[Download CSV](#)

Data	Hora UTC	Temperatura (°C)			Umidade (%)			Pto. Orvalho (°C)			Pressão (hPa)			Vento (m/s)			Radiação KJ/m²	Chuva mm
		Inst.	Máx.	Min.	Inst.	Máx.	Min.	Inst.	Máx.	Min.	Inst.	Máx.	Min.	Vel.	Dir.	Raj.		
25/10/2020	0000	20,1	20,3	19,9	87,0	88,0	86,0	17,8	18,1	17,8	885,7	885,7	884,7	2,0	332,0	3,3		0,0
25/10/2020	0100	19,5	20,1	19,5	88,0	88,0	87,0	17,5	17,8	17,5	886,0	886,0	885,6	1,9	324,0	3,7		0,0
25/10/2020	0200	19,1	19,6	19,1	88,0	89,0	88,0	17,2	17,6	17,2	885,8	886,1	885,7	0,8	1,0	3,3		0,0
25/10/2020	0300	19,0	19,1	18,6	90,0	91,0	88,0	17,3	17,3	16,9	885,2	885,8	885,2	1,2	335,0	1,9		0,0
25/10/2020	0400	18,7	19,0	18,7	90,0	90,0	90,0	17,0	17,4	17,0	884,8	885,2	884,8	2,0	338,0	3,4		0,0
25/10/2020	0500	18,7	18,7	18,3	90,0	91,0	90,0	17,0	17,1	16,7	884,0	884,8	884,0	2,5	335,0	4,1		0,0
25/10/2020	0600	18,6	19,0	18,6	90,0	90,0	89,0	16,9	17,1	16,9	883,4	884,0	883,4	2,7	330,0	5,3		0,0
25/10/2020	0700	18,4	18,7	18,4	91,0	91,0	89,0	16,9	17,0	16,8	883,4	883,5	883,3	2,3	340,0	5,2		0,0

Fonte: INMET.com



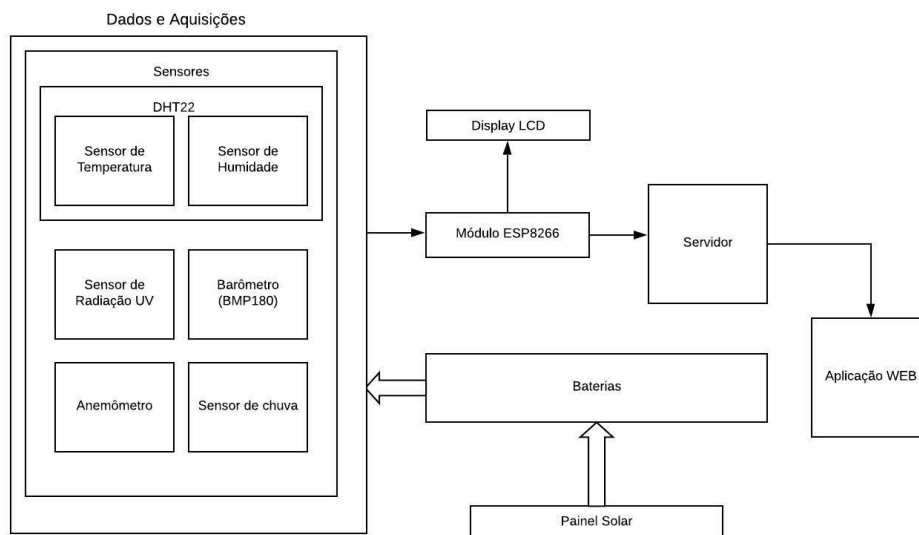
### 3. METODOLOGIA

O desenvolvimento do projeto proposto está constituído de uma pesquisa aplicada e quali-quantitativa, realizando a captação de dados numéricos para posteriormente interpretá-los. Esta pesquisa tem como objetivo alterar a realidade do agronegócio aplicada aos pequenos produtores.

Construído com base em componentes eletrônicos de baixo custo e com uma boa precisão, o projeto apresenta um sistema construído com o NodeMCU como base, que foi programado para captar com o auxílio de sensores de temperatura, umidade, pressão atmosférica, incidência UV, de chuva e de velocidade do vento, dados do ambiente e mostrar para o usuário de forma clara e simples através de uma aplicação WEB que armazena todos os dados.

Para trazer uma maior credibilidade para os dados, os valores obtidos foram comparados com dados de estações profissionais fornecidos pelo INMET, pois assim é possível calcular possíveis erros encontrados e analisar o desempenho da estação projetada.

Figura 5 – Subdivisão da metodologia



Fonte: Própria

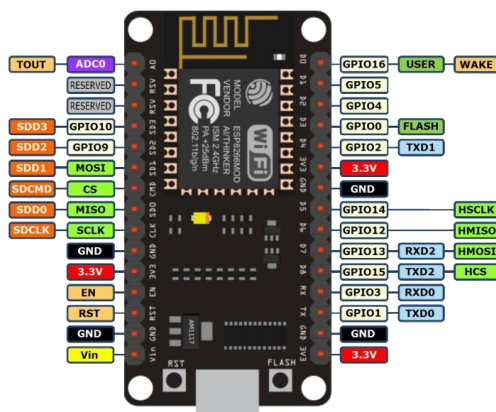
A figura 5 apresenta de forma simplificada como o projeto foi subdividido em relação a metodologia e quais componentes fazem parte de cada subdivisão apresentada. As subdivisões são: Dados e aquisições; Servidor e internet; e Aplicação web.

### 3.1. Dados e Aquisições

Para o desenvolvimento deste projeto, utilizou-se como base o NodeMCU, um microcontrolado de fácil utilização e open-source, onde é possível conectar uma gama muito grande de sensores e programá-lo para se ajustar as necessidades do usuário. Essa placa é a responsável por capturar os dados obtidos pelos sensores e possui WiFi nativo.

A figura 6 apresenta o microcontrolador NodeMCU e toda sua pinagem.

Figura 6 – NodeMCU



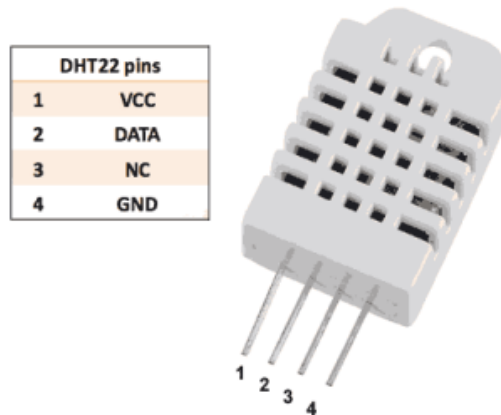
Fonte: Eletrogate.

Junto ao NodeMCU, foi escolhido os sensores: DHT22, para realizar a leitura de temperatura e umidade, esse sensor de alta precisão é capaz de medir temperaturas entre -40°C e 80°C. O BMP180, para medir a pressão atmosféricas e a temperatura do ambiente. Um sensor de chuva, capaz de captar a presença de água da chuva. Um mini gerador eólico, que foi adaptado para funcionar como anemômetro e assim, captar a velocidade do vento. E o sensor UV, que permite a detecção dos raios UV com tamanho de onda entre 200 e 370.

Na montagem do projeto o sensor DHT22 será o responsável por medir a umidade relativa do ar e a temperatura do ambiente, esse sensor realiza a medição da temperatura através de um termistor NTC que muda a resistência de acordo com a mudança de temperatura. Já para medir a umidade, esse sensor é capaz de realizar leituras da umidade relativa do ar, variando entre 0 a 100%, através das mudanças da resistência entre dois eletrodos e possui uma tecnologia que garante a confiabilidade e a estabilidade dos valores.

A figura 7 apresenta uma imagem que representa o sensor DHT22 e suas pinagens.

Figura 7 - DHT22 e seus pinos



Fonte: Autocore robótica, 2017.

Ainda com os dados de umidade e temperatura aferidos pelo sensor DHT22 será possível realizar o cálculo do ponto de orvalho, que é a temperatura em que o vapor de água do ambiente muda para o estado líquido na forma de gotas pequenas.

Essa temperatura pode ser obtida com o auxílio da equação (4), em função da temperatura medida no local e a umidade do ar. (JÚNIOR, 2016)

$$T_{po} = \frac{243,04 \left[ \ln \left( \frac{U_r}{100} \right) + \frac{17,625 \times T_a}{243,04 + T_a} \right]}{17,625 - \ln \left( \frac{U_r}{100} \right) + \frac{17,625 \times T_a}{243,04 + T_a}} \quad (4)$$

Na equação acima, a temperatura ponto de orvalho em °C, representado por  $T_{po}$  é calculado com o a umidade relativa do ar em %, representado por  $U_r$  e com a temperatura atual do ar em °C, representado pela variável  $T_a$ . Esse valor obtido para o ponto de orvalho pode ser utilizado para identificar a existência de neblina, já que esse fenômeno acontece quando a temperatura ambiente cai abaixo do ponto de orvalho.

Em relação a pressão atmosférica, o BMP180 é responsável por realizar essa medição entre uma faixa de 30.000 e 110.000Pa. Esse sensor entrega uma precisão de 2,5hPa e de ruídos de até 0,03Hpa, ele também realiza medição de temperatura. A figura 8 mostra o sensor e seus pinos, onde seguindo a ordem de cima pra baixo, o primeiro é responsável pelos dados seriais (SDA), o segundo é o *clock* serial (SCL) e os dois últimos são o *ground* e a alimentação.

Figura 8 - BMP180



Fonte: FilipeFlop, 2015.

Outro sensor utilizado foi o de radiação UV, que é capaz de converter corrente foto elétrica para voltagem, dependendo da intensidade UV e com isso é possível calcular o nível de radiação solar UV em ambientes fechados e abertos. A figura 10 mostra como é o sensor UV escolhido para o projeto e seus 3 pinos, onde OUT representa a saída de dados analógica, o VCC e o GND.

Figura 9 – Sensor UV



Fonte: Eletronicpro.

O sensor de chuva utilizado foi um sensor simples, capaz de fazer a leitura de sinais de água de forma digital ou analógica. Quando a placa se encontra seca, o sinal fica um valor de nível lógico alto, mas no momento que é molhado esse valor abaixa e assim é possível identificar a intensidade da chuva.

Figura 10 – Sensor de chuva



Fonte: Robocore.

Por último, um sensor importante para uma estação meteorológica é o anemômetro, para esse projeto, foi utilizada uma mini turbina eólica que adaptada foi capaz de realizar a captura da velocidade do vento.

Figura 11 – Mini turbina eólica.



Fonte: Filipeflop.

A turbina acima, possui 10 cm de diâmetro com 4 pás de comprimento de 6 cm e largura de 3 cm. A velocidade de rotação pode chegar até 6000 rpm com uma tensão de saída de 5,5 V. Com esses dados, segundo BERTOLETI (2018) é possível realizar o cálculo abaixo e assim, obter a velocidade do vento.

A constante Kv pode ser obtida através da tensão nos motores que é 5,5 volts sobre a rotação de 6000RPM.

$$Kv = \frac{V}{\omega} = 0,0009 \frac{V}{RPM} \quad (5)$$

Quando é feito a relação abaixo, é possível obter o valor  $\omega$  da rotação:

$$\omega = 0,0009 \frac{V}{RPM} \rightarrow \omega = V_{medido} * 1111,11 [RPM] \quad (6)$$

Agora é possível calcular a velocidade tangencial (Vel), que será a velocidade do vento, através da formula abaixo:

$$Vel = \omega * R \rightarrow Vel = V_{medido} * 1111,11 * R \left[ \frac{m}{min} \right] \rightarrow Vel = V_{medido} * 18,52 * R \left[ \frac{m}{s} \right] \quad (7)$$

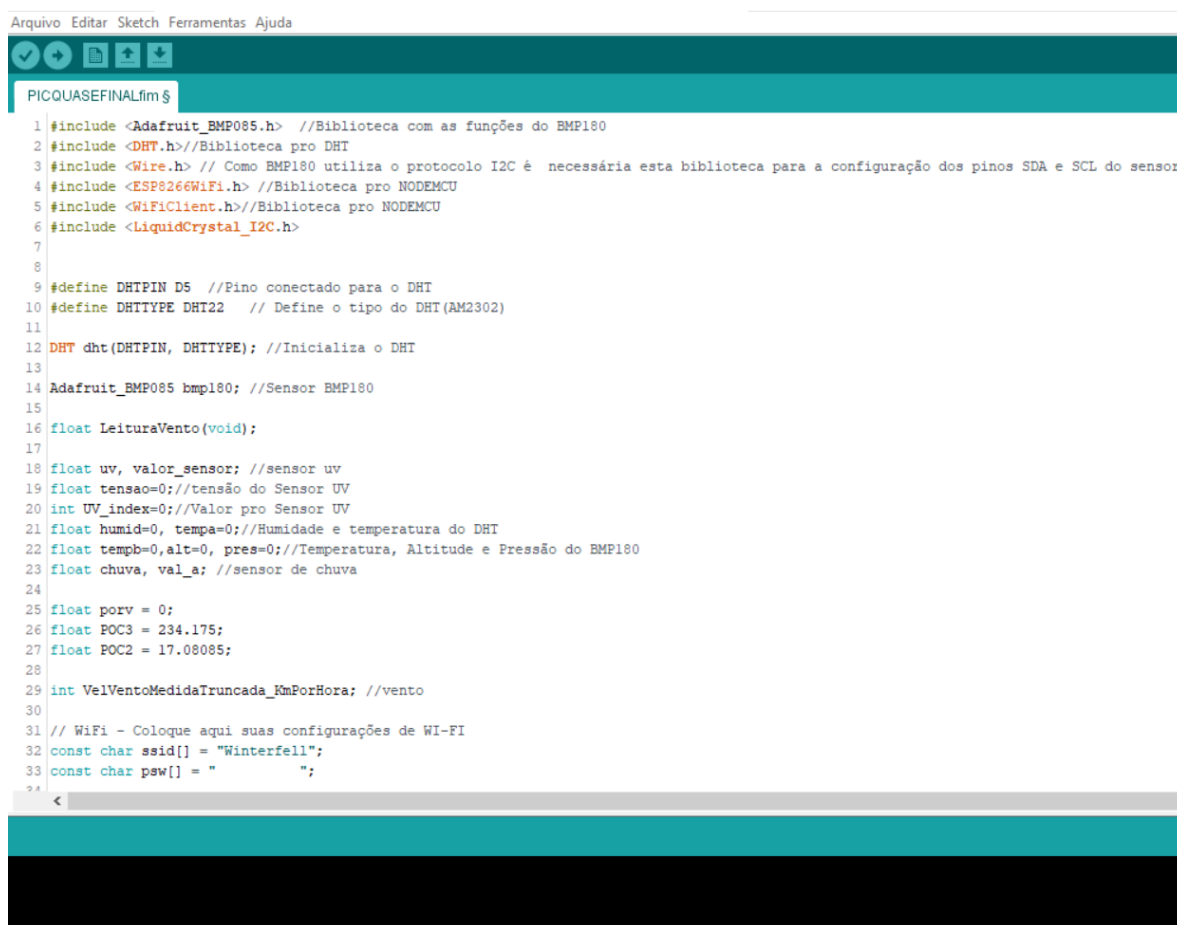
E como sabemos que o diâmetro é de 10cm, podemos substituir e conseguir a formula final.

$$Vel = V_{medido} * 0,926 \left[ \frac{m}{s} \right] \quad (8)$$

Com a IDE do arduino, foi possível criar todo o programa que controla os sensores para captar todos os dados obtidos e que serão processados pelo NodeMCU, que enviará diretamente para o banco de dados através de sua conexão WiFi.

A figura 12 apresenta a IDE do arduino, onde é possível ver o campo onde todo o código deve ser escrito, em cima desse campo estão os botões que na ordem em que aparecem são para: Verificar o código digitado; Carregar o código para a placa, sendo aceita diversos tipos diferentes, desde arduino até NodeMCU, que foi a placa utilizado no projeto; Criar um novo arquivo; Abrir um arquivo já salvo; Salvar o arquivo aberto; E para abrir a saída serial, que durante o desenvolvimento, foi bastante utilizada para saber todas as informações que eram processada pelo microcontrolador. Fora essas opções rápidas, existe outros campos bastante importantes, a opção ferramentas onde pode ser incluído novas bibliotecas e placas.

Figura 12 – IDE arduino



```
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda
PICQUASEFINALfim$
1 #include <Adafruit_BMP085.h> //Biblioteca com as funções do BMP180
2 #include <DHT.h> //Biblioteca pro DHT
3 #include <Wire.h> // Como BMP180 utiliza o protocolo I2C é necessária esta biblioteca para a configuração dos pinos SDA e SCL do sensor
4 #include <ESP8266WiFi.h> //Biblioteca pro NODEMCU
5 #include <WiFiClient.h> //Biblioteca pro NODEMCU
6 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
7
8
9 #define DHTPIN D5 //Pino conectado para o DHT
10 #define DHTTYPE DHT22 // Define o tipo do DHT (AM2302)
11
12 DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); //Inicializa o DHT
13
14 Adafruit_BMP085 bmp180; //Sensor BMP180
15
16 float LeituraVento(void);
17
18 float uv, valor_sensor; //sensor uv
19 float tensao=0; //tensão do Sensor UV
20 int UV_index=0; //Valor pro Sensor UV
21 float humid=0, tempa=0; //Humidade e temperatura do DHT
22 float tempb=0, alt=0, pres=0; //Temperatura, Altitude e Pressão do BMP180
23 float chuva, val_a; //sensor de chuva
24
25 float porv = 0;
26 float POC3 = 234.175;
27 float POC2 = 17.08085;
28
29 int VelVentoMedidaTruncada_KmPorHora; //vento
30
31 // WiFi - Coloque aqui suas configurações de WI-FI
32 const char ssid[] = "Winterfell";
33 const char psw[] = " ";
34
```

Fonte: Própria.

### 3.2. Diagrama da estação

Os sensores DHT22, BMP180, anemômetro, de chuva, vento e UV são responsáveis por captar os dados necessários para a estação meteorológica, eles armazenam as informações durante um tempo no NodeMCU, o microcontrolador com base no ESP8266, que é a base de todo funcionamento da estação, e por fim envia todas as informações para o banco de dados.

A figura 13 apresenta um esquemático do protótipo montado, mostrando as conexões dos sensores ao NodeMCU. Nela podemos observar que o NodeMCU possui apenas uma saída analógica, então para que todos os sensores pudessem ser utilizados corretamente, foi necessário utilizar um multiplexador 4051, onde conforme mostra a tabela 1, de acordo com o sinal digital enviado pelas saídas A, B ou C foi capaz de habilitar até 8 saídas analógicas para o NodeMCU.

Tabela 1 – Tabela verdade multiplexador

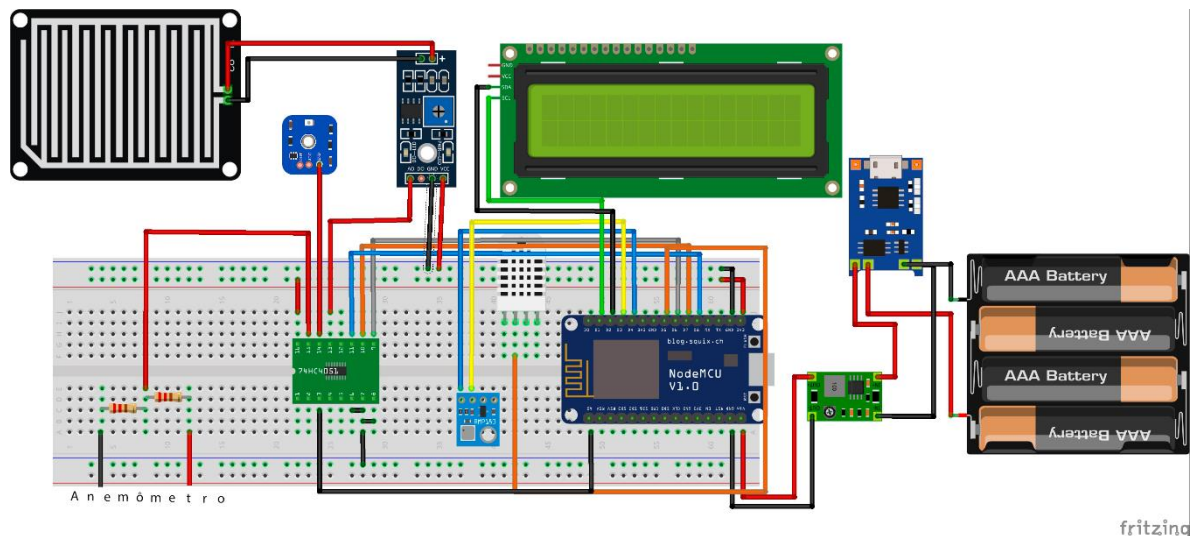
A	B	C	Porta de saída
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	2
0	1	1	3
1	0	0	4
1	0	1	5
1	1	0	6
1	1	1	7

Fonte: Própria

Nesse caso, conectamos os sensores de chuva, vento e UV as saídas 0,1 e 2 respectivamente, já que a melhor maneira de analisar os dados desses sensores seriam através da saída analógica. Já o sensor BMP180 se tratar de um sensor digital e que possui um barramento serial I2C que utiliza duas linhas bidirecional, uma para os dados seriais (SDA) que é conectado à porta D3 e um *clock* serial (SCL), conectado à porta D4 e é responsável por manter o controle dos dados. O sensor DHT22 envia dados através de uma saída digital, então foi conectado a saída D5. Para o funcionamento, todos os sensores foram conectados a saída de energia de 3,3 V do NodeMCU e ao *ground*. Em relação a alimentação, foi utilizado um painel solar conectado no TP4056, que é um modulo capaz

carregar as baterias e ainda enviar a energia solar para ligar o sistema, a saída desse módulo foi conectado a um conversor USB DC-DC capaz de regular a tensão para 5V e assim alimentar o projeto. Ainda foi colocado um LCD capaz de mostrar os últimos dados de temperatura, umidade e índice UV captado.

Figura 13 – Esquemático do protótipo.



Fonte: Fritzing, 2020.

### 3.3. Servidor

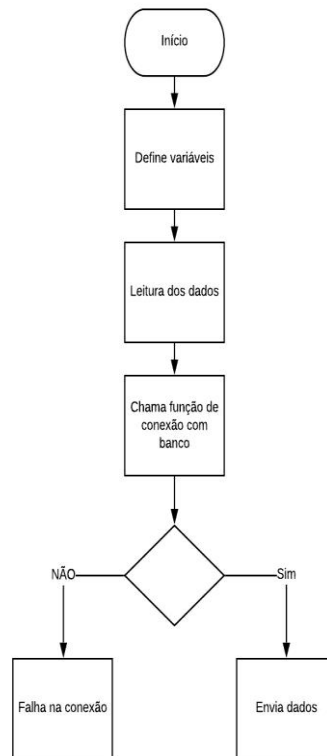
Uma estação meteorológica precisa ser o mais portátil possível, por isso ela não pode ter fios que possam atrapalhar seu transporte. Pensando nisto, decidiu-se utilizar o módulo NodeMCU, pois ele é capaz de fornecer uma conexão Wi-Fi, de forma fácil e barata.

Ao utilizar esse módulo, podemos transmitir as informações captadas pelos sensores e pelo arduino para um banco de dados, através de uma rede sem fio e esse banco armazena essas informações e possibilita a consulta pelo usuário por meio de um aplicativo.

Para armazenar todos os dados obtidos pelo protótipo, montou-se um banco de dados local conectado com o NodeMCU. Através da biblioteca ESP8266WiFi.h é possível definir um endereço de um servidor onde o microcontrolador se conectará e através de requisições GET será capaz de escrever as informações.



Figura 14 – Código da conexão.



Fonte: Própria.

A figura 14 mostra um fluxograma de como o código funciona, onde a função de conexão de banco de dados é chamada e com os valores definidos pelas variáveis iniciais é feita a conexão do NodeMCU com o servidor. Após a conexão entre o servidor e o microcontrolador estar funcionando, criou-se um script PHP que é acionado sempre que a informação precisa ser enviada através do método GET.

A figura 15 apresenta um exemplo do código utilizado para realizar procurar a variável no link enviado e preencher o valor correspondente no banco de dados.

Figura 15 – Script PHP

```
1 <?php
2 $dht22_temp = filter_input(INPUT_GET, 'tempa', FILTER_SANITIZE_NUMBER_FLOAT)/100;
3 $dht22_humid = filter_input(INPUT_GET, 'humid', FILTER_SANITIZE_NUMBER_FLOAT)/100;
4 $bmp180_alt = filter_input(INPUT_GET, 'alt', FILTER_SANITIZE_NUMBER_FLOAT)/100;
5 $bmp180_press = filter_input(INPUT_GET, 'pres', FILTER_SANITIZE_NUMBER_FLOAT)/10000;
6 $bmp180_temp = filter_input(INPUT_GET, 'tempb', FILTER_SANITIZE_NUMBER_FLOAT)/100;
7 $uv_tens = filter_input(INPUT_GET, 'uvtens', FILTER_SANITIZE_NUMBER_FLOAT)/100;
8 $uv_index = filter_input(INPUT_GET, 'uvin', FILTER_SANITIZE_NUMBER_FLOAT);
9 $chuva = filter_input(INPUT_GET, 'chuva', FILTER_SANITIZE_NUMBER_FLOAT)/100;
10 $vento = filter_input(INPUT_GET, 'vento', FILTER_SANITIZE_NUMBER_FLOAT);
11 $porv = filter_input(INPUT_GET, 'porv', FILTER_SANITIZE_NUMBER_FLOAT)/100;
12
13
14 if (is_null($dht22_temp) || is_null($dht22_humid) || is_null($bmp180_alt)||is_null($bmp180_press) || is_null($bmp180_temp) ||
15     //Gravar log de erros
16     die("Dados inválidos");
17 }
18
19 $servername = "localhost";
```

Fonte: Própria.

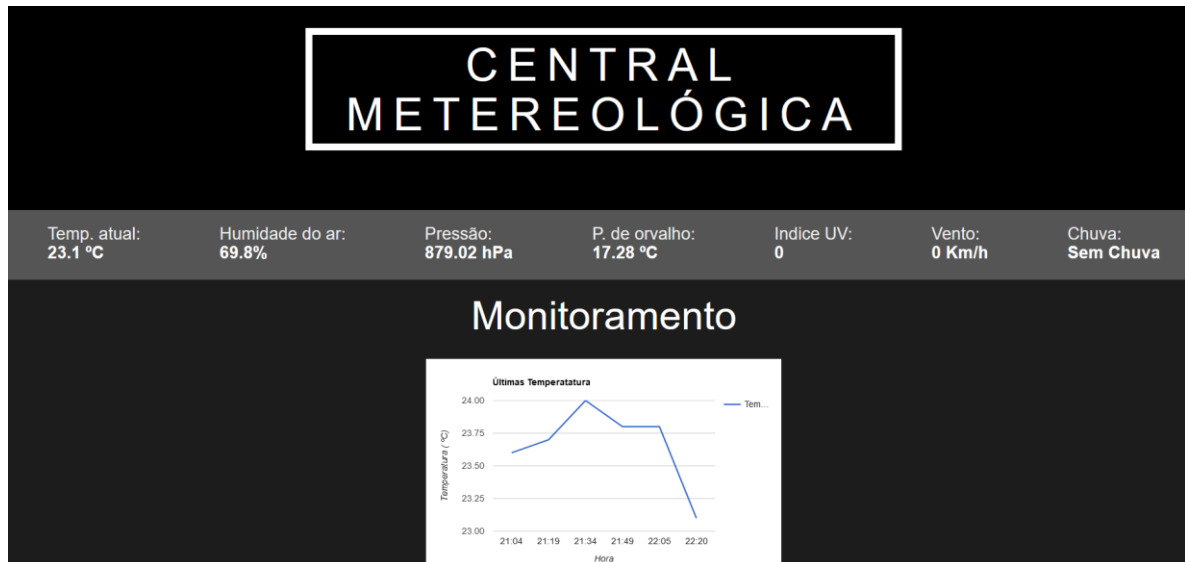
A figura 15 mostra uma parte do script PHP, onde a função `filter_input()` é responsável por filtrar e procurar pela variável correspondente as variáveis do banco e quando esse valor é encontrado, é salvo no banco de dados. Caso algum valor tenha tido problema de leitura e vá como *null*, será enviado a mensagem de dados inválidos.

### 3.4. Aplicação WEB

Com todos os dados obtidos e salvos no banco de dados através do MySQL, é possível realizar consultas a essas informações e apresentá-las para o usuário através de um site.

Desenvolvido em PHP, HTML, CSS e JavaScript, esse site possui o objetivo de facilitar a consulta das informações, podendo disponibilizar os dados a qualquer momento. A figura 16 apresenta um exemplo de resultado gráfico disponibilizado pelo site desenvolvido.

Figura 16 – Site funcionando



Fonte: Própria

A figura 16 mostra a página principal da aplicação funcionando em um navegador. Nessa página é apresentando um resumo com as últimas informações registradas no banco em relação a temperatura, humidade do ar, pressão atmosférica, ponto de orvalho, índice UV, velocidade do vento e se choveu. Também é apresentado 3 gráficos com os 6 valores armazenados para temperatura, humidade e pressão atmosférica.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A miniestação foi programada para realizar uma medição a cada 15 minutos e salva temporariamente no NODEMCU, após a realização dessa medição, os valores obtidos são enviados para o banco de dados.

Para verificar se o projeto possui uma boa precisão em relação aos dados obtidos, foi utilizado o site do INMET para comparar os resultados obtidos com os valores captados pelos sensores do projeto, sendo disponibilizado abaixo tabelas com um comparativo dos valores.

##### 4.1. Sensor de temperatura

No início do projeto, foi escolhido os sensores DHT22 e BMP180, pois ambos são reconhecidos pelo bom resultado e podem medir temperatura. Por isso, foi pensado em armazenar os dados da temperatura desses dois sensores e no final realizar um média, tentando obter uma maior precisão de valores.

A tabela 2, apresenta um comparativo entre a média de temperatura que foi armazenada por esses sensores em dias e horários diferentes com os dados oficiais fornecidos pelo site do INMET. É importante lembrar que para realizar a comparação é preciso selecionar os valores que correspondem a três horas a mais dos dados coletados, já que Brasília-DF, região onde corresponde as medições foram realizadas, encontra-se no fuso horário UTC-3 e os dados do INMET estão registrados no fuso horário UTC. Os dados abaixo foram captados no início do projeto, no ano de 2019.

Tabela 2 - Dados médio da temperatura em °C

Data	Brasília UTC-3	Projeto(°C)	INMET (°C)	Erro (%)
20/10	16	30,43	31	1,84
20/10	17	28,95	28,5	1,58
20/10	18	27,83	27,5	1,2
20/10	19	26,86	26,3	2,13
20/10	20	26,55	25,2	5,36
20/10	21	26,25	24,6	6,71
10/11	13	29,83	29,7	0,44
10/11	14	29,23	31,5	7,21
10/11	15	30,26	30,9	2,07
10/11	16	30,11	30	0,37
10/11	17	30,07	30,3	0,76
10/11	18	29,82	27,9	6,88
10/11	19	28,96	26,6	8,87
11/11	7	24,97	23,6	5,81
11/11	8	26,58	24,8	7,18

(Continuação)				
Data	Brasília UTC-3	Projeto(°C)	INMET (°C)	Erro (%)
11/11	9	29,77	27,3	9,05
11/11	10	34,25	28,7	19,34
11/11	11	34,58	30,2	14,5
11/11	12	34,3	32	7,19

Fonte: Própria.

É possível observar na tabela acima que os dados apresentaram um erro considerável, com média de 5,71%. Como esse projeto busca apresentar um resultado com menor índice de erro possível, foi decidido verificar como os sensores estavam se saindo separadamente.

Para isso, foi criado a tabela 3. Nela é possível observar uma comparação entre os valores aferidos apenas pelo sensor BMP180 com os valores fornecidos pelo INMET. Esses dados são os mesmos utilizados para calcular a média, obtidos nos mesmos dias e horários.

A tabela abaixo mostra que o sensor apresenta um erro ainda maior ao apresentado pelos valores calculados através da média entre os dois sensores de temperatura. Com um erro médio de 7,1% esses dados podem atrapalhar no resultado.

Tabela 3 - Dados da temperatura obtidas pelo sensor BMP180

Data	Brasília UTC-3	Projeto (°C)	INMET (°C)	Erro (%)
20/10	16	30,15	31	2,74
20/10	17	28,8	28,5	1,05
20/10	18	27,93	27,5	1,56
20/10	19	27,1	26,3	3,04
20/10	20	26,9	25,2	6,75
20/10	21	26,6	24,6	8,13
10/11	13	30,29	29,7	1,99
10/11	14	29,56	31,5	6,16
10/11	15	30,82	30,9	0,26
10/11	16	30,57	30	1,9
10/11	17	30,52	30,3	0,73
10/11	18	30,29	27,9	8,57
10/11	19	29,27	26,6	10,04
11/11	7	25,63	23,6	8,6
11/11	8	27,47	24,8	10,77
11/11	9	31,3	27,3	14,65
11/11	10	34,63	28,7	20,66
11/11	11	35,4	30,2	17,22
11/11	12	35,2	32	10

Fonte: Própria.

Por fim, é apresentado a tabela 4, onde é feito a comparação entre os dados coletados apenas pelo sensor DHT22 e os dados do INMET. Novamente, os dados são os mesmos utilizados para calcular a média, obtidos nos mesmos dias e horários.

Tabela 4 – Dados da temperatura obtidas pelo sensor DHT22

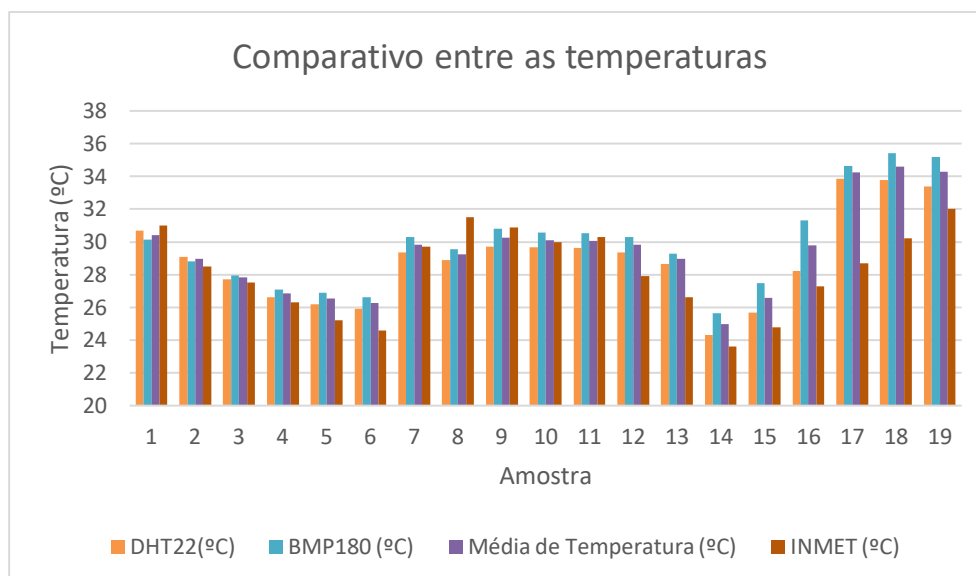
<b>Data</b>	<b>Brasília UTC-3</b>	<b>Projeto (°C)</b>	<b>INMET (°C)</b>	<b>Erro (%)</b>
20/10	16	30,7	31	0,97
20/10	17	29,1	28,5	2,11
20/10	18	27,73	27,5	0,84
20/10	19	26,63	26,3	1,25
20/10	20	26,2	25,2	3,97
20/10	21	25,9	24,6	5,28
10/11	13	29,37	29,7	1,11
10/11	14	28,9	31,5	8,25
10/11	15	29,7	30,9	3,88
10/11	16	29,65	30	1,17
10/11	17	29,62	30,3	2,24
10/11	18	29,35	27,9	5,2
10/11	19	28,65	26,6	7,71
11/11	7	24,3	23,6	2,97
11/11	8	25,7	24,8	3,63
11/11	9	28,23	27,3	3,41
11/11	10	33,87	28,7	18,01
11/11	11	33,77	30,2	11,82
11/11	12	33,4	32	4,38

Fonte: Própria.

A tabela 4, apresenta um erro menor comparado aos outros valores, chegando a uma média de 4,64%, com isso pode ser considerado o melhor a ser utilizado.

Para ter certeza de que o sensor DHT22 realiza a captura dos dados de maneira mais precisa, foi feito uma comparativo final entre as temperaturas coletadas pelo DHT22, BMP180, a média desses valores e os dados do INMET, o resultado dessa comparação encontrasse na figura 17.

Figura 17 - Comparativo entre as temperaturas



Fonte: Própria.

Com a figura 15 é possível verificar que realmente os dados captados pelo sensor DHT22, represento pela coluna de cor azul, encontra na maioria dos casos bem próximo aos dados fornecidos pelo INMET, apresentado pela coluna de cor amarela.

A tabela 5 apresenta as temperaturas para o mesmo horário e data apresentados nas tabelas anteriores, calculando a diferença entre temperatura apresentados pelos sensores.

Tabela 5 - Diferença entre temperaturas

INMET (°C)	DHT22 (°C)	BMP180 (°C)	INMET - BMP180 (°C)	INMET - DHT22 (°C)
31	30,7	30,15	0,85	0,3
28,5	29,1	28,8	0,3	0,6
27,5	27,73	27,93	0,43	0,23
26,3	26,63	27,1	0,8	0,33
25,2	26,2	26,9	1,7	1
24,6	25,9	26,6	2	1,3
29,7	29,37	30,29	0,59	0,33
31,5	28,9	29,56	1,94	2,6
30,9	29,7	30,82	0,08	1,2
30	29,65	30,57	0,57	0,35
30,3	29,62	30,52	0,22	0,68
27,9	29,35	30,29	2,39	1,45
26,6	28,65	29,27	2,67	2,05
23,6	24,3	25,63	2,03	0,7
24,8	25,7	27,47	2,67	0,9
27,3	28,23	31,3	4	0,93
28,7	33,87	34,63	5,93	5,17
30,2	33,77	35,4	5,2	3,57
32	33,4	35,2	3,2	1,4
<b>Média</b>			<b>1,98</b>	<b>1,32</b>

Fonte: Própria.

Com a tabela 5 mostrada acima, ao calcular a diferença média de temperatura foi obtivo um valor aproximado de 1,3 °C para o DHT22 e de quase 2 °C para o BMP180. Pelo motivo de apresentar uma maior consistência entre os dados, optou-se por utilizar apenas o DHT22 como fornecedor de temperatura para o projeto.

Mesmo com o melhor resultado, na tabela 3 apresentada anteriormente, os dados apresentam alguns outliers, um dos principais motivos para essa grande diferença de dá devido a incidência solar, por se tratar de um termistores do tipo NTC, a exposição direta ao sol acaba aquecendo o sensor, assim abaixando sua resistência e aumentando a temperatura captada, além disso, é importante lembrar que a medição foi realizada em locais diferentes, a uma distância de aproximadamente 20 km e devido a esse motivo, o clima pode ser um pouco diferente nas regiões. Uma das metas para tentar abaixar essa diferença e tentar realizar uma captura de dados mais precisa era levar o protótipo para o local onde é coletado os dados do INMET, mas devido ao COVID-19 e a pandemia, não foi possível.

#### 4.2. Umidade do Ar

Para realizar a captura dos dados de umidade do ar, utilizamos o sensor DHT22, pois era o melhor avaliado em termos de confiabilidade e que possuía uma melhor precisão. A tabela 5 apresenta um comparativo entre a umidade captada em diferentes datas do ano de 2020 pelo sensor e a umidade captado pelo INMET.

Tabela 6 – Dados da umidade

Data	Brasília UTC-3	Projeto (%)	INMET (%)	Erro (%)
29/08	11:29	28	31	9,68
29/08	13:29	22,9	18	27,22
12/09	13:04	21,7	20	8,5
12/09	14:06	20,3	19	6,84
12/09	15:00	24,6	18	36,67
19/09	12:20	24,7	19	30
26/09	15:13	16,8	20	16
26/09	16:02	17,6	19	7,37
26/09	17:25	23	19	21,05
03/10	12:00	16,6	17	2,35
03/10	13:00	16,9	17	0,59
03/10	17:00	21,7	15	44,67
25/10	15:46	42,1	54	22,04
25/10	17:32	65	53	22,64
25/10	19:03	61	65	6,15



(Continuação)

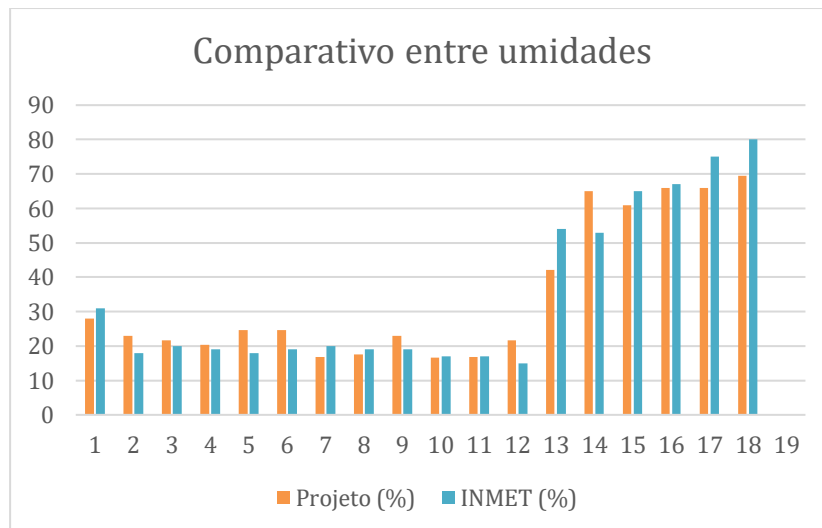
Data	Brasília UTC-3	Projeto (%)	INMET (%)	Erro (%)
25/10	20:04	66	67	1,49
25/10	21:04	66	75	12
25/10	22:05	69,5	80	13,13
Média				12,565

Fonte: Própria

Novamente é possível observar que houve uma variação entre os valores captados e os valores reais, com erro chegando a uma média de 12%. Os outliers novamente foram causados pela incidência solar e devido a distância entre as estações.

Na figura 18 é possível observar melhor a diferença entre o sensor HT22 e os dados do INMET.

Figura 18 - Comparativo entre as Umidades



Fonte: Própria

#### 4.3. Pressão Atmosférica

Para aferir a pressão atmosférica foi utilizado o sensor BMP180. Na tabela 7 é possível visualizar e comparar os valores obtidos pelo sensor e pelo INMET, todos em hPa. Nessa tabela é possível ver que a pressão foi o dado com melhor precisão, onde a média do erro chegou a apenas 0,86%.

Tabela 7 - Comparativo entre pressões

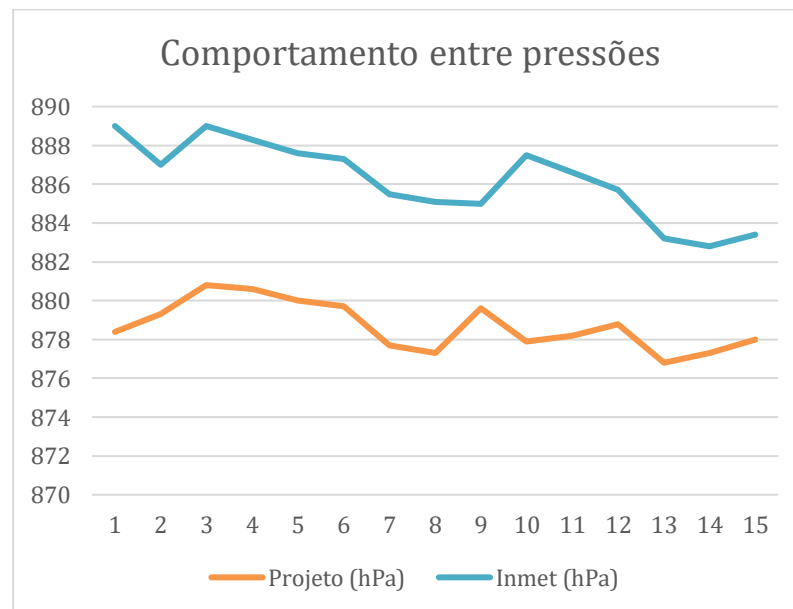
Data	Brasília UTC-3	Projeto (hPa)	INMET (hPa)	Erro (%)
29/8	11:29	878,4	889	1,19
29/8	13:29	879,3	887	0,87
12/9	13:04	880,8	889	0,92
12/9	14:06	880,6	888,3	0,87
12/9	15:00	880	887,6	0,86

(Continuação)				
Data	Brasília UTC-3	Projeto (hPa)	INMET (hPa)	Erro (%)
19/9	12:20	879,7	887,3	0,86
26/9	15:13	877,7	885,5	0,88
26/9	16:02	877,3	885,1	0,88
26/9	17:25	879,6	885	0,61
3/10	12:00	877,9	887,5	1,08
3/10	13:00	878,2	886,6	0,95
3/10	17:00	878,8	885,7	0,78
25/10	15:46	876,8	883,2	0,72
25/10	17:32	877,3	882,8	0,62
25/10	19:03	878	883,4	0,61
25/10	20:04	878,6	884,1	0,62
25/10	21:04	879,3	884,9	0,63
25/10	22:05	879,07	884,7	0,64
<b>Média</b>				<b>0,86</b>

Fonte: Própria

Quando verificamos a figura 19, é possível ver o comportamento das pressões. Nessa figura, vemos que embora pareça grande a diferença, ambos os dados seguiram um comportamento parecido.

Figura 19 - Comparativo entre as Umidades



Fonte: Própria

Nesse caso, o principal motivo da diferença entre os valores se deu a distância entre o protótipo e a estação gerenciada pelo INMET.

#### 4.4. Ponto de Orvalho

Conforme apresentado na metodologia, com os dados fornecidos pelo sensor DHT foi possível calcular o valor do ponto de orvalho, que é a temperatura em que o vapor d'água muda para o estado líquido. Como esse valor é obtido através da temperatura e umidade captada pelo sensor, acabou sendo o que mais apresentou variação em relação aos dados do INMET, como mostra a tabela 8.

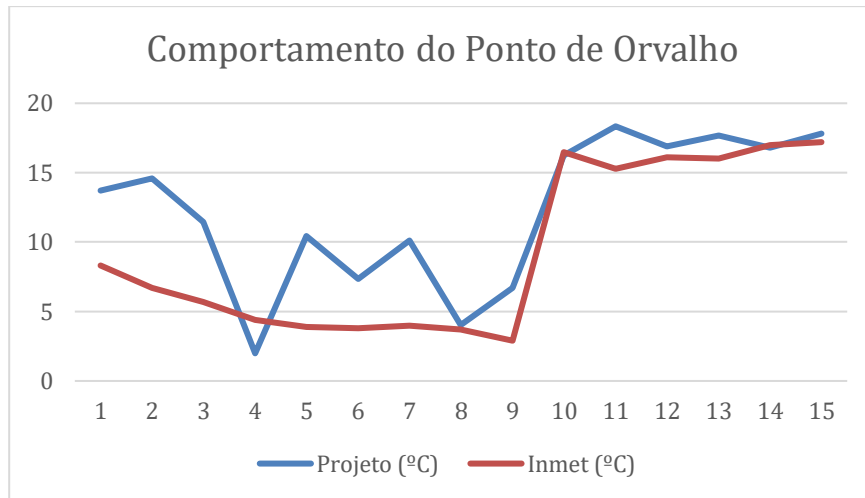
Tabela 8 – Valores obtidos para o Ponto de Orvalho

Data	Brasília UTC-3	Projeto (°C)	INMET (°C)	Erro (%)
29/8	11:29	13,7	8,3	65,06
29/8	13:29	14,59	6,7	117,76
19/9	12:20	11,43	5,7	100,53
26/9	15:13	1,99	4,4	54,77
26/9	16:02	10,42	3,9	167,18
26/9	17:25	7,37	3,8	93,95
3/10	12:00	10,1	4	152,5
3/10	13:00	4,03	3,7	8,92
3/10	17:00	6,7	2,9	131,03
25/10	15:46	16,26	16,5	1,45
25/10	17:32	18,34	15,3	19,87
25/10	19:03	16,9	16,1	4,97
25/10	20:04	17,7	16	10,63
25/10	21:04	16,8	17	1,18
25/10	22:05	17,8	17,2	3,49

Fonte: Própria.

Com um erro médio de 54%, os dados foram prejudicados pelos outliers captados pela temperatura devido a incidência direta do sol. Com a figura 20, é possível observar seu comportamento.

Figura 20 – Comportamento do ponto de Orvalho



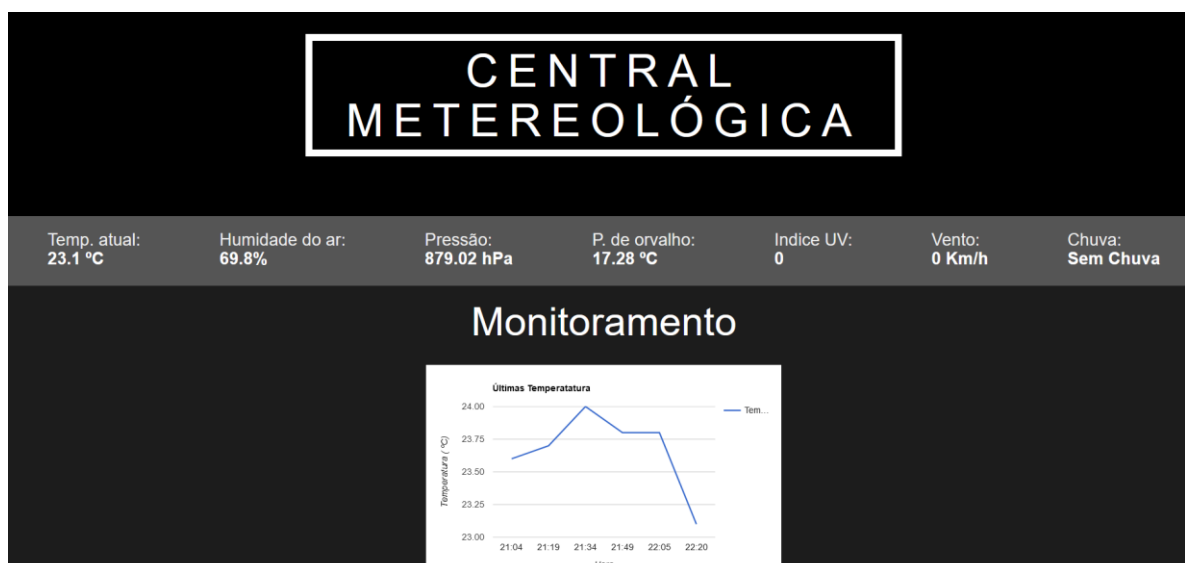
Fonte: Própria

Como falado anteriormente, o principal motivo dessa grande diferença é devido aos dados captados pelo DHT22. Como podemos ver, nos dados mais recentes, depois de ajustado o problema de incidência solar, os dados começaram a apresentar um melhor comportamento.

#### 4.5. Aplicação Web

O objetivo do site é disponibilizar os dados de forma rápida e resumida. Ao utilizar gráficos para a exibição dos dados, é possível ilustrar para o usuário as mudanças que ocorreram em um determinado período. A figura 21 apresenta um exemplo da página criada para o protótipo.

Figura 21 - Exemplo da página de Monitoramento.

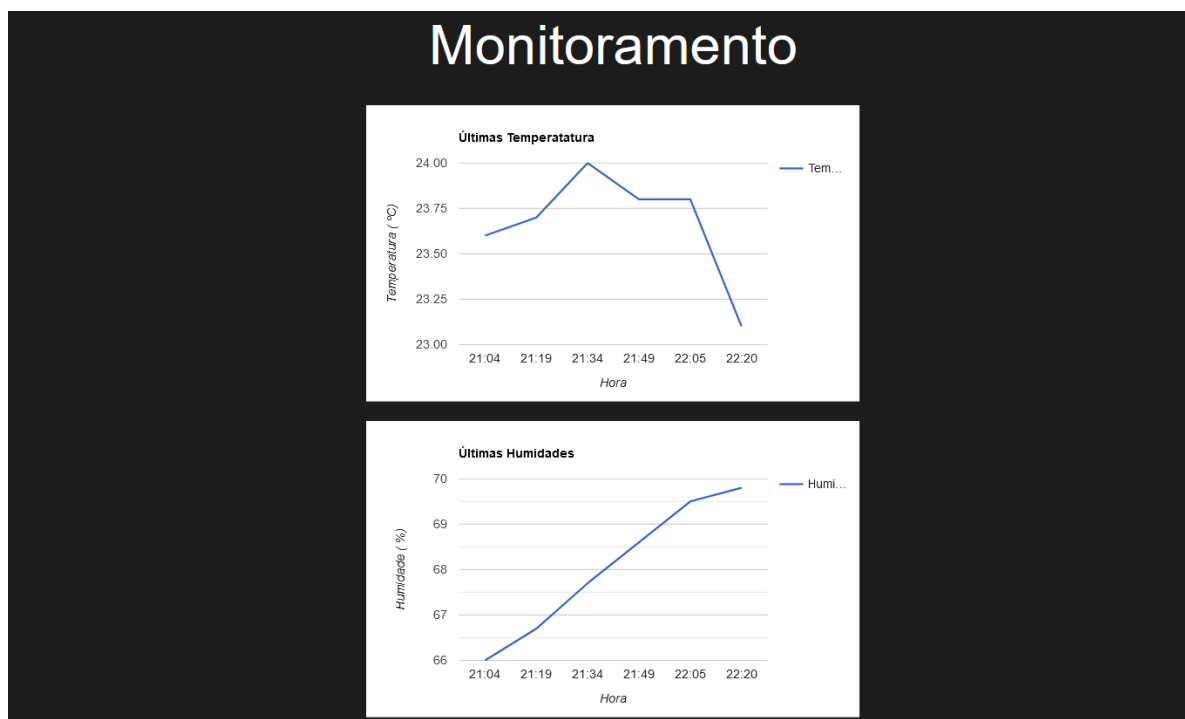


Fonte: Própria

A figura 21 apresenta a página inicial vista através de um computador, essa página mostra um resumo da última leitura da temperatura, humidade do ar, pressão atmosférica, ponto de orvalho, incidência UV, velocidade do vento e se está chovendo. Além desses dados, são disponibilizados três gráficos que apresentam um resumo das atividades com os últimos dados captados, esse gráfico atualiza sempre que um novo dado é adicionado ao banco de dados.

Complementando a figura acima, na figura 22 é apresentado um zoom de dois dos gráficos que foram feitos com o Google Charts e que são apresentados na página de monitoramento. É possível ver melhor a imagem do gráfico apresentado. Nele mostra um resumo com a hora e a temperatura ou humidade correspondente, fora os dois gráficos da imagem, ainda é mostrado um outro correspondente a pressão atmosférica. No exemplo abaixo, pode-se ver o sistema em funcionamento, além do comportamento dos dados, onde a temperatura tem tendência de abaixar e humidade tem tendência de aumentar, conforme chega à noite.

Figura 22 - Gráficos da página de monitoramento.

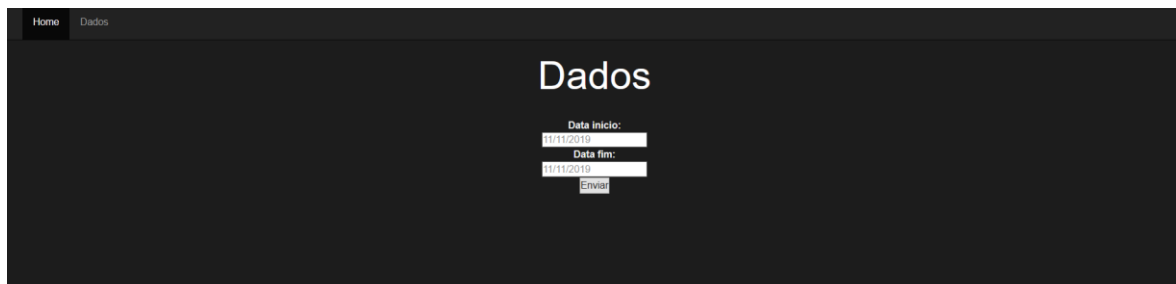


Fonte: Própria.

Outra página criada para o protótipo é a de dados, onde é possível realizar uma pesquisa por período e apresentar uma tabela com os valores da data, temperatura, pressão

atmosférica, umidade, intensidade uv, ponto de orvalho, velocidade do vento e se choveu para esse período.

Figura 23 - Exemplo da página de dados



A imagem mostra uma interface web com um fundo escuro. No topo, há uma barra de navegação com os links 'Home' e 'Dados'. O título principal da página é 'Dados'. Abaixo do título, há um formulário com dois campos de entrada de data: 'Data inicio:' e 'Data fim:', ambos com o valor '11/11/2019' preenchido. Abaixo dos campos, há um botão 'Enviar'.

Fonte: Própria.

Na figura 23 é possível observar como o usuário pode digitar uma data de início e uma data final para que o sistema realize uma pesquisa no banco de dados e retorne uma tabela com esses valores.

Com isso é possível acessar os dados a qualquer momento e assim pode-se ter uma ideia melhor dos acontecimentos climáticos para o período pesquisado.

#### 4.6. Energia

O principal objetivo do projeto era criar uma estação meteorológica ligada a um painel solar que forneceria energia para uma bateria e matéria a estação funcional. No cálculo inicial foi constatado que o sistema consumiria um total de 3,56mA para seu funcionamento. Para isso foi comprado duas placas fotovoltaicas de 5V que iriam ser responsáveis de carregar uma bateria de 26800 mAh durante o dia e as baterias forneceram energia para a estação de noite. Durante os testes iniciais, as placas mais as baterias foram capazes de manter o sistema ligado por um tempo, mas depois perdia força e com isso a estação desligava.

Para tentar contornar o problema, foi utilizado um regulador de tensão l7805 junto com a alimentação ligada em série, com isso, o sistema deveria funcionar novamente, mas não foi obtido uma boa resposta, já que o mesmo voltou a perder a força rapidamente.

Por fim, foi utilizado um conversor USB DC-DC junto com o modulo tp4056 para alimentar 4 baterias de aproximadamente 1,5V com 2500mAh cada, ligado em paralelo. Com o sistema desse jeito, foi obtido um resultado melhor, onde o sistema passou um total de 11 horas ligado e mandando informações para o banco, mas mesmo assim, não foi perfeito, já que acabou não conseguindo passar o total de 24 horas conectado.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O NodeMCU se mostrou um ótimo controlador para o projeto proposto. Embora obtendo algumas variações em relação aos dados obtidos, os sensores se mostraram capazes de obter valores aceitáveis, quando levamos em consideração o preço dos sensores e do controlador, acaba sendo uma boa alternativa para quem deseja um bom custo benefício.

Embora a estação não consiga ficar ligada por um período muito grande, o protótipo desenvolvido apresentou uma boa eficiência, mas pode e deve ser otimizado futuramente. Sendo assim para projetos futuros, o melhor seria resolver o problema relacionado a energia solar, para que o funcionamento não seja interrompido, montar um anemômetro que possa calcular melhor a velocidade do vento, já que o utilizado pelo projeto embora tenha sido uma opção mais barata, não ofereceu uma boa captação do vento e por último, um upgrade para que a estação possa além de captar dados, prever a possibilidade de chuva com o auxílio de uma inteligência artificial capaz de analisar os dados obtidos e calcular a possibilidade de chuva.

## REFERÊNCIAS

AUTOCORE Robotica. Diferenças entre os sensores DHT11 E DHT22. Disponível em: <  
<https://autocorerobotica.blog.br/diferencas-entre-os-sensores-dht11-e-dht22-2/>>.  
Acesso em: Novembro de 2019.

ABHIJITH, H. V.; JAIN, D. A.; RAO. U. A. A. **Intelligent agriculture mechanism using internet of things**. In: 2017 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI). 2017.

BASTOS, M. F. DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO PARA MONITORAMENTO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS. Mossoró, Brasil. UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO, 2019.

BERTOLETI, P. Como fazer um anemômetro monitorado por Internet. Disponível em: <  
<https://www.filipeflop.com/blog/fazer-um-anemometro-monitorado-internet/>>. Acesso em: Outubro de 2020.

BRITO, J. P. S. et al. ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE BAIXO CUSTO. COLÉGIO NOSSA SENHORA DE FÁTIMA - SACRAMENTINA. Vitória da Conquista, 2011.

COSTA, C. L.; OLIVEIRA, L.; MÓTA, L. M. S. **Internet das coisas (IOT): um estudo exploratório em agronegócios**. In: VI Simpósio da Ciência do Agronegócio, 2018. Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: UFRGS, 2018, p. 184 – 293.

COSTA, M. D. Central meteorológica microcontrolada de baixo custo. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

CHASE, O. Sistemas Embarcados. Disponível em:  
<<http://www.lyfreitas.com.br/ant/pdf/Embarcados.pdf>>. Acesso em: Novembro de 2019.



CLIMATEMPO. Clima: o que é, fatores, elementos e muito mais!. Disponível em: < <https://www.climatempo.com.br/noticia/2020/09/09/clima-o-que-e-fatores-elementos-e-muito-mais--5667> >. Acesso em: Outubro de 2020.

ELETROGATE. Guia completo do NodeMcu. Disponível em: < <https://blog.eletrogate.com/nodemcu-esp12-introducao-1/> >. Acesso em: Novembro de 2019.

Eletropro. UV Sensor Module. Disponível em: < <https://electronicspro.com.pk/product/uv-sensor-module/> >. Acesso em: novembro de 2019.

Filipeflop. Controlando temperatura e pressão com o BMP180. Disponível em: < <https://www.filipeflop.com/blog/temperatura-pressao-bmp180-arduino/> >. Acesso em: Novembro de 2019.

Filipeflop. Mini Turbina Eólica. Disponível em: < <https://www.filipeflop.com/produto/mini-turbina-eolica/> >. Acesso em: Outubro de 2020.

FRANÇA, J. A. DE. Instrumentação eletrônica - um curso avançado. 2. ed.: Erica, 2015

INMET. Saiba os passos para a elaboração da previsão do tempo. Disponível em: < <https://portal.inmet.gov.br/sobre-meteorologia> >. Acesso em: Outubro de 2020.

INMET. Sobre o INMET. Disponível em: < [http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=sobre\\_inmet](http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=sobre_inmet) >. Acesso em: 01 novembro de 2019.

KIGUTI, V. A. K. RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA: UMA AVALIAÇÃO EM SÃO PAULO.

INTERFACEHS – Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente - v.4, n.1, Seção InterfacEHS 3, 2009.

JÚNIOR, A. J. O. DISPOSITIVO MÓVEL PARA ANÁLISE DE CONFORTO TÉRMICO E AMBIÊNCIA. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2016.

LACERDA, A. S. ESTUDO DE UM SENSOR CAPACITIVO PARA MEDIÇÃO DE ADULTERAÇÃO DE ÁLCOOL COMBUSTÍVEL. Rio de Janeiro, Brasil. Universidade Federal do Rio De Janeiro, 2010.

LOPEZ, Ricardo Aldabó. Energia solar para produção de eletricidade. São Paulo: Artliber, 2012

MACHADO, F.; ABREU, M. Projeto de banco de dados: Uma visão pratica. Editora Érica Ltda., 2004.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Rio de Janeiro: CEPEL-CRESESB, 201

PROGIANTE, A. SISTEMA DE GERENCIAMENTO E CONSULTA DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NA NUVEM PARA RESIDENCIAS. São Carlos, Brasil. Universidade de São Paulo, 2016

ROBOCORE. Sensor de Chuva. Disponível em: < <https://www.robocore.net/sensor/sensor-de-chuva> >. Acesso em: Outubro de 2020.

SAMPAIO, G; DIAS, P. L. S. Evolução dos modelos climáticos e de previsão de tempo e clima. In: **REVISTA USP**, 103. São Paulo: 2014, p.41-54.

SANTOS, B. P. et al. Internet das Coisas: da Teoria à Prática. **Minicursos SBRC-Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos**. Belo Horizonte, Brasil. Universidade Federal de Minas Gerais, 2016

SILVA, J. L. S. et al. RecArd: Robô baseado na plataforma Arduino como facilitador no processo de ensino-aprendizagem multidisciplinar. CINTED- Novas Tecnologias na Educação. V. 12 Nº 2, dezembro, 2014.

SILVA, R.B. et al. Estações meteorológicas de código aberto: Um projeto de pesquisa e desenvolvimento tecnológico. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 37, n. 1, 1505, 2015.

SILVA, A. C. M. et al. Estação meteorológica automática de baixo custo. Multiverso v. 1, n. 1 (2016): 46-56.

THOMSEN, A. Sensor de chuva YL-83. Disponível em: <  
<https://www.filipeflop.com/blog/sensor-de-chuva-yl-83/>>. Acesso em: Outubro de 2020.

VARGAS, R. S. SISTEMAS EMBARCADOS: ACOPLAMENTO DO SOFT-CORE PLASMA AO BARRAMENTO OPB DE UM POWERPC 405. Monografia - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.

VELLEMAN. UV LIGHT SENSOR GUVVA-S12SD MODULE. Disponível em: <  
<https://www.robotshop.com/media/files/pdf/uv-light-sensor-guva-s12sd-datasheet1.pdf>>. Acesso em: Novembro de 2019.

WENDLING, M. Sensores. Campus de Guaratinguetá. Universidade estadual paulista, 2010. Disponível em:  
<<https://www.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/4---sensores-v2.0.pdf>>.